

Geotechnischer Bericht

**zur Versickerung von Niederschlagswasser im
Gewerbegebiet „Radackern III + IV“ in Ettenheim**

Auftraggeber:

Stadt Ettenheim
Stadtbauamt
Rohanstraße 16
77955 Ettenheim

Unsere Auftragsnummer:

07269/S-H

Bearbeiter:

Scherzinger/Henrici

Ort, Datum:

Kirchzarten, 03. Dezember 2007/lö

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Unterlagen	3
3	Untergrund- und Grundwasserverhältnisse	4
3.1	Untergrunderkundung	4
3.2	Geländeverlauf und Untergrundaufbau	5
3.3	Wasserverhältnisse	6
4	Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit	7
5	Allgemeine Angaben zu Versickerungsanlagen	9
6	Abschließende Bemerkungen	10

Anlagenverzeichnis

1	Lageplan
2	Ergebnisse der Untergrunderkundung
3	Laborversuche
3.1	Tabellarische Zusammenstellung
3.2	Korngrößenverteilungen
4	Auswertung Durchlässigkeitsbeiwerte
4.1	Eingießversuch im Kies, Kernbohrung KB1, Auswertung
4.2	Versickerungsversuch im Kiessand, Kernbohrung KB2, Auswertung

1 Veranlassung

Die Stadt Ettenheim plant die Erweiterung des Gewerbegebietes „Radackern III + IV“. Es ist vorgesehen, das anfallende, nicht schädlich verunreinigte Niederschlagswasser über Versickerungsanlagen in den Tieferen Untergrund zu versickern. Die Planung liegt in den Händen der Zink Ingenieure GmbH in Offenburg. Die Ingenieurgruppe Geotechnik GbR, Kirchzarten, wurde auf Grundlage des Angebotes vom 07.11.2007 durch die Stadt Ettenheim beauftragt, die örtlichen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse zu erkunden und hinsichtlich der geplanten Versickerungen zu beurteilen sowie grundsätzliche Angaben zu Versickerungsanlagen zu machen.

Untersuchungen auf Altlasten im Baubereich waren nicht Bestandteil der Beauftragung. Bei der geotechnischen Auswertung der Untergrundaufschlüsse wurden durch Inaugenscheinnahme sowie durch Geruchsempfindung keine Hinweise auf Altlasten festgestellt.

2 Unterlagen

- **Zink-Ingenieure GmbH, Offenburg:**
 - [U1] Lagepläne mit Bohrpunkten und Höhenangaben, M 1:500 und 1:1000, per E-Mail am 22.11.2007 erhalten
- **Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 5, Umwelt, Referat 52.3:**
 - [U2] kennzeichnende Grundwasserdaten der amtlichen Grundwassermessstelle 127/067-5, per E-Mail am 22.11.2007 erhalten
- **Bohrunternehmung Abt GmbH, Bühl-Eisental:**
 - [U3] Schichtenverzeichnisse der Kernbohrungen BK1 und BK2
 - [U4] Protokolle der Eingießversuche in den Bohrungen BK1 und BK2
- **Ingenieurgruppe Geotechnik GbR, Kirchzarten:**
 - [U5] Ergebnis einer Ortsbesichtigung
 - [U6] geotechnische Berichte zu Bauvorhaben in der näheren Umgebung
 - [U7] allgemeine geotechnische Unterlagen aus unserem Archiv (z. B. geologische und hydrogeol. Karten)

3 Untergrund- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Untergrunderkundung

Vor Erkundung des Untergrundes wurden zunächst die Unterlagen aus dem Archiv der Ingenieurgruppe Geotechnik GbR ausgewertet.

Die örtlichen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wurden nach Vorgaben des Planers stichprobenartig an zwei Stellen untersucht. Da in Hinblick auf die Versickerung ausreichend wasserdurchlässige Erdstoffe bzw. stärker grundwasserführende Schichten erst in größeren Tiefen im Untergrund zu erwarten waren, wurden zur Baugrunderkundung Kernbohrungen größeren Durchmessers ($d \geq 178$ mm) durchgeführt, die mindestens 2,0 m in diese Schichten einbinden sollten. Zur Abschätzung der Durchlässigkeiten der körnigen Erdstoffe wurde jeweils ein Eingießversuch in den Bohrungen durchgeführt. Auf Veranlassung des Planers wurde die BK1 zu einer bauzeitlichen Grundwassermessstelle ausgebaut.

Der Schichtenaufbau wurde am 19./20.11.2007 durch zwei zwischen 6 und 7 m tiefe Kernbohrungen (BK1 und BK2) erkundet. In der Bohrung BK1 wurden die Rheinkiese in einer Tiefe von 3,5 m unter der GOF angetroffen, weshalb die Bohrung bis in eine Endtiefe von 6,0 m unter der GOF geführt und für den Eingießversuch mit dem vorgesehenen Pegel ausgebaut wurde. Für den Eingießversuch in der Bohrung BK2 musste die Verrohrung um einen Meter hochgezogen werden. Um ein Ausbrechen der freistehenden Bohrlochwand zu verhindern wurde dieser Bohrabschnitt zuvor mit Filterkies aufgefüllt. Die vorgesehenen Eingießversuche wurden in verschiedenen Tiefenbereichen durchgeführt (BK1: 4,0 bis 6,0 m; BK2: 6,0 bis 7,0 m). An kennzeichnenden Bodenproben aus den Kernbohrungen wurden Korngrößenverteilungslinien ermittelt (zur Klassifizierung des Untergrundes sowie zur Abschätzung der Durchlässigkeiten). Die Ansatzpunkte der Kernbohrungen wurden nach Lage und Höhe im Gelände durch den Planer eingemessen.

Im Lageplan der Anlage 1 sind die Ansatzpunkte der Untergrundaufschlüsse angegeben. Die festgestellten Untergrundverhältnisse sind als Einzelblattdarstellungen der Bohrprofile in den Anlage 2.1 (BK1) und 2.2 (BK2) aufgeführt. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in der Anlage 3.1 (Tabellarische Zusammenfassung) und Anlage 3.2 (Kornverteilungskurven)

dargestellt. Die Ergebnisse der Eingießversuche in BK1 und BK2 gehen aus den Anlagen 4.1 und 4.2 hervor.

Der Grundwasserstand in der nahe gelegenen, amtlichen Grundwassermessstelle 127/067-5 wurde am 20.11.2007 gemessen.

3.2 Geländeverlauf und Untergrundaufbau

Das geplante Erweiterungsgebiet „Radackern III + IV“ liegt im Nordwesten von Ettenheim und schließt unmittelbar westlich an das bestehende Gewerbegebiet an (vgl. Anlage 1.1 und 1.2). Das Gelände war bisher unbebaut und wird derzeit als landwirtschaftliche Fläche genutzt. Die Geländeoberfläche (GOF) im Erschließungsbereich ist weitgehend eben ausgebildet. Der geologischen Karte [U7] nach überlagert eine Decklage aus Auelehmen und Abschwemmmassen aus Löss den tieferen Untergrund aus Kiessanden der Niederterrassenschotter.

Es wurde folgender Untergrundaufbau festgestellt (s. Anlage 2.1 und 2.2):

- ▶ **Mutterboden** bestehend aus schwach tonigem, feinsandigem, humosem Schluff, der eine Dicke zwischen 0,25 bis 0,3 m aufweist.
- ▶ **Decklage** bestehend aus braunen, feinsandigen, schluffigen Tonen (bindige Erdstoffe) bis graubraunen, schwach tonigen, feinsandigen Schluffen (schwach bindige, lössartige Erdstoffe). Bereichsweise sind in dieser feinkörnigen Decklage Lagen/Linsen aus schluffigem Sand eingeschaltet. Die bindigen Erdstoffe (Tone) bilden den oberen Bereich der Decklage und sind nach DIN 18196 als leicht- bis mittelplastische Tone einzustufen, die bis in Tiefen von 1,35 und 1,70 m unter die derzeitigen GOF reichen. Darunter folgen lössartige Böden, die ab Tiefen von ca. 3,0 m unter GOF in einem vernässten bis wassergesättigten Zustand angetroffen wurden, der durch den vergleichsweise hohen Wassergehalt von ca. 23,0% bestätigt wird. Diese schwach bindigen Erdstoffe wurden in wechselnden Tiefen zwischen ca. 3,5 bis ca. 4,5 m unter der GOF festgestellt.
- ▶ Der **Tiefere Untergrund** besteht i.d.R. aus grauen, sandigen bis stark sandigen Kiesen (Rheinkiese), die mit einzelnen Steinen durchsetzt sind. Örtlich sind Lagen/Linsen aus kiesigem Sand eingeschaltet. Die Kiessande weisen den Korngrößenverteilungslinien nach einen Feinkorngehalt zwischen ca. 6,0 bis 8,0 Gew.-% auf (vgl.

Anlage 3.2 Proben 02 bis 05). Die körnigen Erdstoffe des Tieferen Untergrundes reichen erfahrungsgemäß tiefer als für das geplante Bauvorhaben maßgebend.

3.3 Wasserverhältnisse

Im Untersuchungsbereich ist ein zusammenhängender Grundwasserspiegel (GWS) ausgebildet, dessen Grundwasserleiter die durchlässigen Rheinkiese sind. Nach den vorhandenen hydrologischen Karten ([U7], s. Übersichtslageplan in Anlage 1.1) liegt das Baugebiet im randlichen Bereich des Grundwasseraquifers, weshalb hier nur ungesicherte Grundwasserhöhengleichen vorliegen. Danach strömt das Grundwasser etwa in Richtung Nordwest mit einem geringen Gefälle von ca. 0,7%.

Während den Bohrarbeiten am 19./20.11.2007 wurde der untere Bereich der lössartigen Böden in einem vernässten bis wassergesättigten Zustand angetroffen. Es handelt sich hierbei um eingesickertes Oberflächen-/Niederschlagswasser, das aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der feinkörnigen Böden nur langsam in die darunter liegenden Kiessande abgeführt wird.

Das Grundwasser wurde in der Bohrung BK2 in einer Tiefe von ca. 6,89 m unter der GOF (entspricht einer Höhe von 161,92 mNN) angetroffen (in BK1 wurde kein Grundwasser festgestellt).

Am 20.11.2007 wurde in der amtlichen Grundwassermessstelle 127/067-5, die ca. 250 m bzw. 580 m westlich der beiden Kernbohrungen (BK1 und BK2) liegt, ein Wasserstand in 161,97 mNN gemessen, der ca. 0,13 m unter dem langjährigen Mittelwasserstand (MW) von 162,10 mNN und ca. 0,73 m unter dem langjährigen mittleren Hochwasserstand (MHW) von 162,70 mNN lag [U2].

Danach liegen die gemessenen Wasserstände in der Bohrung BK2 sowie in der amtlichen Messstelle annähernd auf der selben Grundwasserhöhengleichen. Es kann daher angenommen werden, dass ähnliche Grundwasserverhältnisse vorliegen und deshalb die beobachteten Grundwasserschwankungen in der amtlichen Messstelle auf das Baugelände übertragen werden können.

Aufgrund der vorliegenden kennzeichnenden Grundwasserdaten der Messstelle 127/067-5 [U2] kann für die geplante Versickerungen im Bereich der Untersuchungspunkte im Mittel von folgenden maßgebenden Grundwasserständen ausgegangen werden:

- langjähriger Mittelwasserstand: MW ca. 162,1 mNN
- mittlerer jährlicher Hochwasserstand: MHW ca. 162,7 mNN
- höchster zu erwartender Grundwasseranstieg: HW₁₀₀ ca. 167,0 mNN

Bei der Abschätzung des höchsten zu erwartenden Grundwasseranstiegs wird üblicherweise von einem so genannten 100-jährigen Grundwasserhochstand (HW₁₀₀) ausgegangen. Dieser lässt sich bei den vorliegenden Verhältnissen durch ein Zuschlag (Beobachtungszeitraum < 50 Jahre der o.g. amtlichen Messstelle) von etwa 0,3 m auf den bisher höchsten gemessenen Grundwasserstand (HHW) abschätzen.

Im extremen Hochwasserfall stellen sich durch die vorhandene, gering wasserdurchlässige Decklage gespannte Grundwasserverhältnisse ein (s. Anlage 2.1 und 2.2).

Unabhängig vom Grundwasser muss bei Hochbauten beachtet werden, dass die Decklage nur gering wasserdurchlässig ist, weshalb sich Niederschlagswasser nach lang anhaltend feuchter Witterung in verfüllten Baugruben bis zur Geländeoberfläche aufstauen kann, wenn es nicht dräniert wird.

4 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005, sind Schichten des Untergrundes für eine technische Versickerung geeignet, deren Durchlässigkeitsbeiwert k_f bei Wassersättigung im Bereich zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegt.

Erfahrungsgemäß besitzen die gering bindigen bis bindigen Böden der Decklage einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \ll 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Aus den Sieblinien der Proben 02, 03 und 05 für die Kiessande wurde mit Hilfe der Kozeny/Carman-Gleichung der Durchlässigkeitsbeiwert der ungesättigten Zone von ca. $k_{f,u} = 8 \cdot 10^{-6}$ m/s ermittelt. Bei den genannten Werten wurde der anhand der Korngrößenverteilung abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwert entsprechend der DWA-A 138 um den Faktor 5 abgemindert.

Die Auswertung des Eingießversuchs der Bohrung BK1 in den Kiessanden ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert für die ungesättigte Zone von $k_{f,u} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ m/s (vgl. Anlage 4.1).

Beim Eingießversuch in BK2 stand das Grundwasser ca. 0,1 m hoch im Bereich der Austrittslänge. Die Auswertung ergab hier für die Kiessande knapp oberhalb des Grundwassers einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 3,5 \cdot 10^{-5}$ m/s (vgl. Anlage 4.2).

Durch Vergleich der ermittelten und abgeschätzten Durchlässigkeitsbeiwerte mit den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 ergibt sich, dass die feinkörnigen Erdstoffe der Decklage ungeeignet für eine Versickerung sind.

Die Kiessande des tieferen Untergrundes sind dagegen für eine technische Versickerung geeignet.

Für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen kann von einem mittleren Durchlässigkeitsbeiwert die Rheinkiese in der ungesättigten Zone von **cal $k_{f,u} = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s** ausgegangen werden. Zur Gewährleistung einer ausreichend sicheren Versickerungsleistung ist es jedoch erforderlich, die Versickerungsanlagen hydraulisch wirksam und mechanisch filterfest über Sickerpackungen (Rigolen, o.a.) an die vergleichsweise gut wasserdurchlässigen Kiessande des tieferen Untergrundes anzuschließen. Hierzu sind die Erdstoffe der Decklage durch Sickerpackungen oder ähnlichem zu durchstoßen.

In der Regel wird in Versickerungsmulden oder bei Ausführung von Mulden-Rigolen-Systemen eine „belebte Bodenschicht“ gefordert, die einerseits eine ausreichende Reinigungswirkung, andererseits aber auch eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen muss. Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 wird ein Mutterboden mit einem Feinkornanteil (Schluff und Ton) < 10 Gew.-% und einem Gehalt an organischer Substanz von ca. 1 bis 3 Gew.-% empfohlen (Korngrößenverteilung des Mutterbodens etwa in Anlehnung an die empfohlenen Gemische für Rasentragschichten nach DIN 18035, Teil 4, Bild 2: schwach schluffige Sande oder schwach schluffige, schwach kiesige Sande, Kieshöchstanteil 10 Gew.-%). Der im Untersuchungsbereich vorhandene Mutterboden ist als „belebte Bodenschicht“ ungeeignet, da der empfohlene Feinkornanteil von höchstens 10 Gew.-% deutlich überschritten wird (s. Abschnitt 3.2).

Das Grundwasser liegt bei mittleren Grundwasserständen etwa 6,7 m und bei erhöhten Grundwasserständen (MHW) etwa 6,1 m unter der derzeitigen Geländeoberfläche. Im Fall von extremen Hochwasserständen herrschen gespannte Grundwasserverhältnisse, die die Versickerungsleistung erheblich beeinträchtigen. Im Arbeitsblatt DWA-A 138 wird ein Mindestabstand von 1,0 m zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand MHW gefordert. Demnach dürfen die Sohlen von geplanten

Versickerungsanlagen höchstens in ca. 163,7 mNN, d.h. 5 m unter der vorhandenen GOF liegen.

5 Allgemeine Angaben zu Versickerungsanlagen

Zur Bemessung von Versickerungsanlagen wird auf das Arbeitsblatt DWA-A 138 verwiesen. Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass jede Versickerungsanlage über einen Notüberlauf mit Anschluss an eine hochwassersichere Vorflut verfügen muss, da die Funktionstüchtigkeit von Versickerungsanlagen auf Dauer und zu jedem Zeitpunkt nicht gewährleistet ist (z.B. im extremen Hochwasserfall, bei gefrorenem und damit nahezu wasserundurchlässigem Boden oder bei Auftreten eines zweiten starken Niederschlagsereignisses nach einem ersten Bemessungsniederschlagsereignis zu einem Zeitpunkt, an dem der Speicher (z.B. die Versickerungsmulde) noch teilgefüllt ist).

Zu den einzuhaltenden Mindestabständen von Versickerungsanlagen zu bestehender oder geplanter Bebauung wird auf das Arbeitsblatt DWA-A 138 verwiesen (bei geringem Abstand sind im Zweifelsfalle zur genauen Einschätzung der Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse durch die Versickerung hydraulische Berechnungen durchzuführen).

Falls Versickerungsmulden vorgesehen sind, wird bei den vorliegenden Verhältnissen folgender Aufbau vorgeschlagen:

- Tiefe der Versickerungsmulden entsprechend hydraulischer Berechnung (nach Arbeitsblatt DWA-A 138), höchstens jedoch 50 cm.
- **Flächiger Einbau einer mindestens ca. 30 cm dicken „belebten Bodenschicht“**, die einerseits eine ausreichende Reinigungswirkung, andererseits aber auch eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweist (empfohlener Durchlässigkeitsbeiwert: $k_f \sim 1 \text{ bis } 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$, vgl. auch Angaben im Abschnitt 4).
- Unter der „belebten Bodenschicht“ ist flächig eine mindestens 0,3 m dicke Filterschicht aus sauberem Sand (s.u.) einzubauen, über die das Sickerwasser den Sickerschlitzen (s.u.) zugeführt wird.
- Innerhalb der Mulde sind Sickerschlitze anzuordnen, die die Decklage durchstoßen und mindestens 1 m in die Kiessande des tieferen Untergrundes einbinden müssen. Die Sickerschlitze sind mit einem Fein-/Mittelkies (z.B. Körnung 2/8 mm) zu verfüllen,

wobei wegen der fehlenden mechanischen Filterfestigkeit gegen die feinkörnigen Erdstoffe der Decklage, im Bereich der Decklage - und nur dort - ein geeignetes geotextiles Trennvlies an den Rändern der Sickerschlitzte anzuordnen ist (das Geotextil darf nur seitlich im Bereich in der Decklage eingebaut werden, da es anderenfalls die Versickerungsleistung der Sickerpackung beeinträchtigen würde). Die Sickerschlitzte dienen wegen ihres großen Porenvolumens gleichzeitig als Rigole. Die erforderliche Anzahl bzw. Länge der Sickerschlitzte ist im Laufe der weiteren Planung durch hydraulische Berechnungen festzulegen (die Sickerschlitzte bzw. die Einbindung der Schlitzte in den Kiessand müssen so leistungsfähig sein, dass das flächig über die belebte Bodenschicht bzw. den Sandfilter sickernde Wasser in die Kiessande abgeführt werden kann).

Bei Nachlassen der Versickerungsleistung der Versickerungsmulde im Lauf der Zeit infolge einer Verschlämmung der Muldenoberfläche ist es erforderlich, mindestens die oberen 10 cm der „belebten Bodenschicht“ abzutragen und durch geeigneten neuen Boden zu ersetzen oder die Wasserdurchlässigkeit der „belebten Bodenschicht“ durch andere Maßnahmen zu erhöhen.

Es wird daraufhin gewiesen, dass bei extremen Hochwasserständen das Grundwasser „gespannt“ ist und die Sickerschlitzte durch das Grundwasser größtenteils eingestaut werden, wodurch die Versickerungsleistung deutlich beeinträchtigt wird.

6 Abschließende Bemerkungen

Der vorliegende Bericht wurde auf Basis von zwei stichprobenartig ausgeführten Kernbohrungen sowie den in Abschnitt 2 genannten Unterlagen erarbeitet. Danach sind im Erschließungsgebiet die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse für eine technische Versickerung geeignet.

Es wird darauf hingewiesen, dass im Untersuchungsbereich die Oberfläche der Rheinkiese in wechselnden Tiefen angetroffen wurde. Es wird daher empfohlen beim Bau von geplanten Versickerungsanlagen, die nicht in unmittelbarer Nähe zu den Kernbohrungen BK1 und BK2 liegen, die Tiefenlage der Kiessande in Hinblick auf eine genauere Ausschreibung bzw. Kostenschätzung durch weitere geotechnische Untersuchungen (z.B. Rammsondierungen, Kleinbohrungen) festzustellen.

Henrici
(Projektbearbeiter)

(Th. Scherzinger)
(Projektleiter)